مجلّهٔ جغرافیا و توسعهٔ ناحیه‌ای، سال چهاردهم، شمارهٔ ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۵، شمارهٔ پیاپی ۲۶

طبقه‌بندی اشکال کارستی حوضهٔ درپرچین براساس مدل‌های سویچ، والتهام، هراک و کماتینا

غلامرضا مقامی‌مقیم (استادیار ژئومورفولوژی دانشکدهٔ علوم زمین، دانشگاه دامغان، دامغان، ایران)
gh.maghami@du.ac.ir

صص ۲۲۳ - ۲۰۷

چکیده

اهداف: این تحقیق با هدف شناسایی و طبقه‌بندی اشکال کارستی حوضهٔ درپرچین به‌منظور شناسایی بهتر و دقیق‌تر کارست‌های این حوضه انجام می‌شود و نقش مهمی در پروژه‌های آمایش سرزمین در مناطق کارستی خواهد داشت.

روش: پس از مرزبندی حوضهٔ مورد مطالعه و شناسایی اشکال کارستی آن، از روش‌های طبقه‌بندی چویجیک، والتهام، کماتینا و هراک جهت طبقه‌بندی اشکال کارستی این حوضه استفاده شد.

یافته‌ها: مطالعهٔ کارست‌های این حوضه نشان داد اشکال کارستی آن از تنوع بالایی برخوردار بوده و انواع کارن‌ها، دولین‌ها دره‌های کارستی، غارها، اووالاها، پنجره‌های کارستی، چاه‌های مکنده، پونورها و چشمه‌های کارستی را شامل می‌شوند.

نتایج: مطالعهٔ اشکال کارستی حوضهٔ درپرچین مشخص نمود براساس طبقه‌بندی سویچ این اشکال در ردیف کارست‌های انتقالی، براساس طبقه‌بندی والتهام و فوکس در ردیف کارست‌های جوان، براساس طبقه‌بندی کماتینا در ردیف کارست‌های مسطح و ناودیسی و براساس طبقه‌بندی هراک در ردیف کارست‌های کوهزایی قرار می‌گیرند.

کلیدواژه‌ها: اشکال کارستی، درپرچین، دولین، کارن، دره‌های کارستی

تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۰۹/۲٤ تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۰۲/۰۵

۱. مقدمه

طبقه‌بندی اشکال کارستی به‌منظور مطالعهٔ بهتر آن‌ها انجام می‌شود و نقش مهمی در تفکیک و شناسایی آن‌ها دارد. امروزه اجرای پروژه‌های عمرانی مانند احداث شهرها، مراکز صنعتی، سدها، تونل‌ها، آزادراه‌ها و مسیرهای راه‌آهن در مناطق کارستی بدون توجه به شناسایی و طبقه‌بندی پدیده‌های کارستی دشوار به‌نظر می‌رسد. مطالعات میدانی، تصاویر ماهواره‌ای، عکس‌های هوایی و نقشه‌های زمین شناسی‌حوضه در پرچین مبین این است که اشکال کارستی این حوضه از تنوع بالایی برخوردارند. بنابراین، شناسایی و دسته‌بندی آن‌ها می‌تواند اطلاعات ارزشمندی در ارتباط با نوع و میزان کارستی‌شدن منطقه ارائه نماید. در این پژوهش سعی بر این است تا اشکال کارستی این حوضه شناسایی و با روش‌های متداول و موجود طبقه‌بندی شود تا نتایج آن در پروژه‌های عمرانی مورد استفاده قرار گیرد.

۲. پیشینهٔ پژوهش

به‌دلیل اهمیت مناطق کارستی در فعالیت‌های انسانی، مطالعه و طبقه‌بندی این مناطق از دیرباز مورد توجه پژوهشگران بوده است. قدیمی‌ترین مطالعات در این زمینه مطالعاتی بود که در سال ۳۷ قبل از میلاد توسط ژوزف فلاوسوس[1] در حوضهٔ رودناردن انجام شد (میلانوویچ[2]، ۱۹۸۱، ص. ۱۸). طبقه‌بندی سویچ[3] در سال ۱۹۲۵ قدیمی‌ترین طبقه‌بندی اشکال کارستی به‌شیوهٔ علمی محسوب می‌شود (سویچ، ۱۹۲۵، ص. ۱۸۰). این طبقه‌بندی بر پایهٔ معیارهای ژئومورفولوژیکی وزمین‌شناختی استوار است. کماتینا در سال ۱۹۷۳ در یوگسلاوی اشکال کارستی را براساس شرایط هیدرولوژیکی طبقه‌بندی کرد (کماتینا، ۱۹۷۳، ص. ۲۱-۲۹). در سال ۲۰۰۳ والتهام[4] و فوکس[5] روش جدیدی را مطرح کردند که به‌دلیل کاربرد آن در پروژه‌های مهندسی به روش طبقه‌بندی مهندسی معروف شد. در سال ۱۹۷۷ طبقه‌بندی اشکال کارستی براساس فعالیت‌های تکتونیکی، توسط هراک[6] ارائه شد. اساس این طبقه‌بندی تأثیر

1. Jusef.Floves
2. Milanovic
3. Cvijic
4. Waltham
5. Fookes
6. Herak

فعالیت‌های تکتونیکی در طبقه‌بندی کارست‌ها می‌باش (هراک، ۱۹۷۷، ص. ۲۲۷–۲۳۸). از دهۀ هشتاد به بعد مطالعۀ مناطق کارستی شتاب بیشتری به خود گرفت و پژوهش های مشابهی در بیشتر مناطق جهان انجام شد که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به طبقه‌بندی اشکال کارستی در کشور چین توسط بایومین[1] در سال ۲۰۰۹ براساس معیارهای ژئومورفولوژیکی (بایومین، ۲۰۰۹)، طبقه‌بندی چشمه‌های کارستی و غارها براساس معیارهای هیدرولوژیکی توسط لومان[2] (۲۰۱۱) و طبقه‌بندی کارست‌های جزیرۀ سالوادور در کشور باهاما با استفاده از مدل فضایی و سنجش از دور در سال ۲۰۱۲ توسط هوهانگ‌چاک[3] اشاره کرد (هوهانگ‌چاک، ۲۰۱۲). همچنین یکی از جدیدترین مطالعات در این زمینه، طبقه‌بندی‌ای بود که در سال ۲۰۱۵ مصطفی در منطقۀ کردستان کشور عراق انجام داد و چشمه‌های کارستی این منطقه را براساس عناصر شیمیایی طبقه‌بندی کرد (مصطفی، ۲۰۱۵). در ایران نیز به‌دلیل اینکه نزدیک به ۱۱درصد کشور را سازندهای کارستی تشکیل می‌دهند مطالعه و طبقه‌بندی این اشکال از سوی محققان زیادی مورد توجه قرار گرفته است. از جمله، رضایی مقدم و قدری در سال ۱۳۸٤ ضمن مطالعۀ اشکال کارستی منطقۀ تخته سلیمان این اشکال را از دیدگاه ژئومورفولوژیکی مطالعه و طبقه‌بندی نمودند (رضایی‌مقدم و قدری، ۱۳۸٤). در سال ۱۳۸۷ ملکی و همکارانش اشکال کارستی استان کرمانشاه را از دیدگاه ژئومورفولوژی مطالعه و پهنه‌بندی کردند (ملکی، شوهانی و علایی‌طالقانی، ۱۳۸۷). قبادی نیز سهم مهمی در مطالعات کارست ایران داشته و از ابعاد مختلف کارست‌های ایران را مورد بررسی قرار داده است (قبادی، ۱۳۸٦). بهنیافر در سال ۱۳۸۸جنبه‌های مختلف ژئومورفیکی تودۀ کارستی اخلمد در دامنه‌های شمالی ارتفاعات بینالود را مورد مطالعه قرار داد (بهنیافر، قنبرزاده و فرزانه، ۱۳۸۸)، محمودی نقش تغییرات اقلیمی کواترنر در تحول ژئومورفولوژیکی کارست‌های شاهو در غرب ایران را مورد مطالعه قرار داد و نوعی طبقه‌بندی اقلیمی از کارست‌های این منطقه ارائه کرد (محمودی، ۱۳۸۹). ولایتی رابطۀ ساختارهای تکتونیکی و اشکال کارستی حوضۀ آبریز کارده در خراسان رضوی را مورد بررسی قرار داد و نقش تکتونیک را در شکل‌گیری آن‌ها تعیین‌کننده دانست (ولایتی، ۱۳۹۰).

1. Baomin
2. Luhmann
3. Hung Chak

۳. روش تحقیق

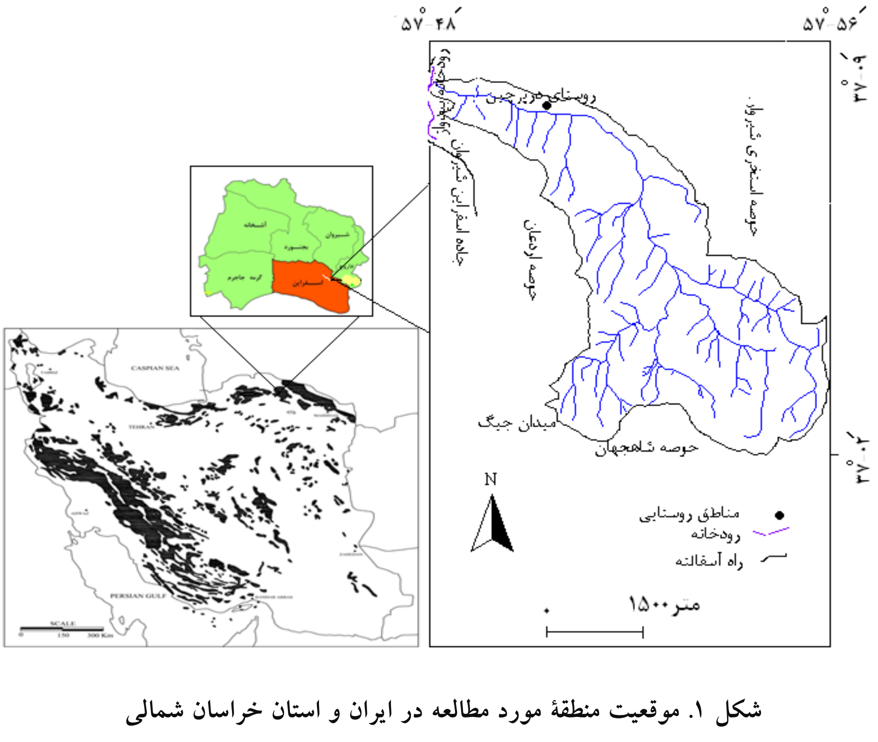
۳. ۱. روش

به‌منظور طبقه‌بندی اشکال کارستی حوضهٔ در پرچین، ابتدا با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس‌های ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰، نقشه‌های زمین‌شناسی منطقه با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ عکس هوایی با مقیاس تقریبی ۱:٤۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی ارتش موقعیت منطقه مشخص و مرزبندی شد. پس از مرزبندی حوضه، با استفاده از نقشه‌های زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ شیروان و بجنورد مناطق مستعد فرآیند کارستی‌شدن در این حوضه مشخص شد. این موضوع با بررسی جنس سازندها و میزان گستردگی آن‌ها و نیز مطالعهٔ انواع گسل‌ها در منطقه انجام شد. جهت بررسی نقش تکتونیک در طبقه‌بندی اشکال کارستی این حوضه لازم بود فعالیت‌های تکتونیکی این حوضه مورد ارزیابی قرار گیرد. بدین منظور علاوه بر شناسایی گسل‌ها، با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی برای این حوضه نیمرخ لگاریتمی و توپوگرافی تهیه شد. همچنین نسبت پهنای کف دره به عمق آن (vf) در ۱۹ نقطهٔ این حوضه اندازه‌گیری شد. در نهایت، با استفاده از روش‌های طبقه‌بندی متناسب با شرایط حوضه، اشکال شناسایی‌شده طبقه‌بندی و از یکدیگر متمایز شد. روش طبقه‌بندی ژئومورفولوژی یا سویچ، اولین و مهم‌ترین روش در زمینهٔ طبقه‌بندی اشکال کارستی محسوب می‌شود. اساس این تقسیم‌بندی مبتنی بر شرایط ژئومورفولوژیکی و زمین‌شناختی است. در این طبقه‌بندی، پدیده‌های کارستی در سه دستهٔ کارست کامل، ناقص و انتقالی تقسیم می‌شوند. بر این اساس کارست کامل در نواحی ایجاد می‌شود که کاملاً متشکل از سنگ‌های کربناتهٔ انحلال‌پذیر باشند. کارست‌های ناقص مربوط به نواحی غیرکربناته است که کمتر تحت تأثیر فعالیت‌های کارستی می‌باشند. این نوع کارست در نواحی‌ای شکل می‌گیرند که سنگ آهک انحلال‌پذیر بین سنگ‌های غیرقابل انحلال قرار گرفته باشند. کارست‌های انتقالی در سنگ‌های آهکی یافت می‌شود که به‌وسیلهٔ رسوبات نفوذناپذیر از یکدیگر جدا شده‌اند. اساس روش والتهام و فوکس که به‌طور گسترده در فعالیت‌های عمرانی، شهرسازی، راه‌سازی و آمایش سرزمین به‌کار گرفته می‌شود مبتنی بر نوع و حضور دولین‌ها در یک منطقه است (جدول ۳). در طبقه‌بندی کوماتینا نوع کارست با در نظر گرفتن خصوصیات زمین‌شناختی، توپوگرافیکی و هیدرولوژیکی حوضه مشخص می‌گردد. در این روش کارست‌ها به دو دستهٔ کارست‌های ناودیسی و سکویی

تقسیم‌بندی می‌شوند (کوماتینا، ۱۹۷۳، ص. ۲۱–۲۹). در طبقه‌بندی هــراک تــأثیر فعالیــت‌هــای تکتونیکی نقش مهمی در طبقه‌بندی کارست ایفا می‌کند. بر این اساس کارست‌ها بــه دو گــروه قبل از کوهزایی (شامل کارست‌های ســتونی، چــین‌خــورده، حوضــه‌ای و عمیــق) و کــوهزایی (شامل کارست‌های عدسی‌شکل، خردشده و تجمعی) تقسیم می‌شــوند (هــراک، ۱۹۷۷، ۲۲۷–۲۳۸).

۳. ۲. منطقهٔ مورد مطالعه

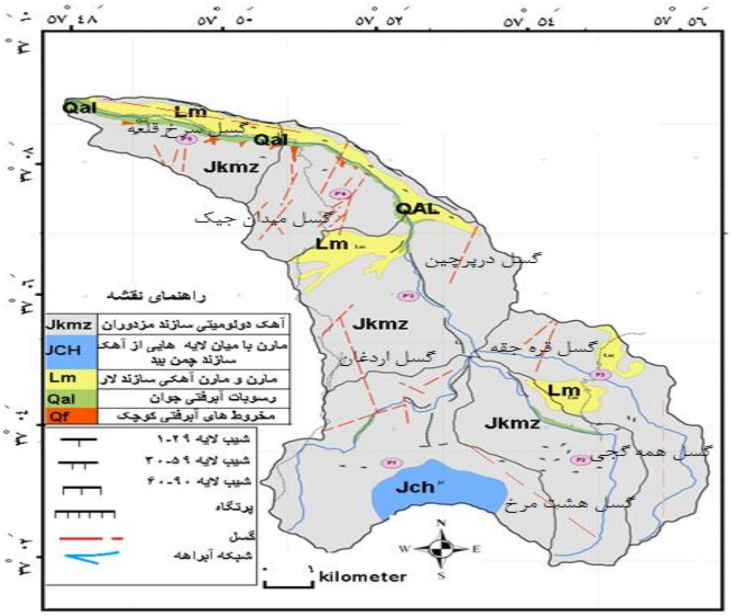
حوضهٔ درپرچین، در شمال شرقی ایران، در استان خراســان شــمالی و در شــرق شهرســتان اسفراین قرار گرفته و از نظر مختصات جغرافیایی بین ´۲–°۳۷ شمالی تــا ´۹ –°۳۷ شــمالی و ´٤٨ –°۵۷ شرقی تا ´٥٦ °۵۷ شرقی از نصف‌النهار گرینــویچ واقــع شــده اســت. در شــمال آن حوضهٔ آبریز اسطخری شیروان، در جنوب آن حوضهٔ میدان جیــک و سرچشــمهٔ اســفراین، در غرب آن رودخانهٔ بیدواز و جادهٔ اسفراین به شــیروان و در شــرق آن کــوه شــاهجان بــه‌عنــوان مرتفع‌ترین قلّهٔ استان خراسان شمالی قرار دارد.



شکل ۱. موقعیت منطقهٔ مورد مطالعه در ایران و استان خراسان شمالی

مأخذ: حوضهٔ مورد مطالعهٔ نگارنده، ۱۳۹۳؛ نقشهٔ کارست‌های ایران رئیسی و کوثر، ۱۹۹۷

در داخل حوضه فقط روستای درپرچین مسکونی بوده و هیچ منطقه مسکونی‌دیگر در آن قرار ندارد حوضه مورد مطالعه حدود ۷۲ هزار کیلومترمربع وسعت داشته و در ۹۵ کیلومتری جنوب شرقی شهر بجنورد مرکز استان خراسان شمالی قرار دارد. تنها راه دسترسی به این حوضه جادهٔ اسفراین–شیروان است (شکل ۱). براساس طبقه‌بندی اقلیمی کوپن، آب‌وهوای این حوضه معتدل کوهستانی است. میانگین درجه‌حرارت آن در یک دورهٔ آماری ۳۶ساله ۱۲/۷ درجهٔ سانتیگراد، گرم‌ترین ماه آن تیرماه با متوسط ۲٤/۵ درجه و سردترین ماه آن دی‌ماه با متوسط دمای ۱/٤ درجه ثبت شده است. متوسط بارش سالانهٔ منطقه در یک دورهٔ آماری ۳٦ساله ۳٤۷ میلیمتر، پرباران‌ترین ماه سال فروردین با ۵۵/٤ و خشک‌ترین آن مردادماه با ٤/۲۰ میلیمتر است (سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۵٤–۱۳۹۰).



شکل ۲. زمین‌شناسی حوضهٔ مورد مطالعه

مأخذ: نقشهٔ ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی شیروان

از نظر زمین‌شناسی گسترده‌ترین سازند در منطقهٔ مطالعاتی سازند مزدوران است که متشکل از آهک‌های دولومیتی روشن تا صورتی با میان لایه‌های مارن است که سن آن به اواخر ژوراسیک تا ابتدای کرتاسه می‌رسد (شکل ۲).

٤. مبانی نظری

مناطقی را از زمین که توسط سازنده‌ای انحلال‌پذیر نظیر کربنات‌ها، سولفات‌ها، کلرورها و سنگ‌های آواری پوشیده شده و توسط جریان‌های مختلف آب‌خوردگی و انحلال یافته‌اند، مناطق کارستی می‌نامند (قبادی، ١٣٨٦، ص. ١٢). مطالعه و طبقه‌بندی این مناطق اهمیت زیادی دارد؛ زیرا در حدود یک‌پنجم از سطح کرهٔ زمین توسط سازنده‌ای کربناته پوشیده شده است و تقریباً ٧-١٠درصد سطح زمین به‌عنوان نواحی کارستی طبقه‌بندی شده‌اند. از سوی دیگر بیش از ٢٥درصد از مردم جهان در این مناطق ساکنند و آب مورد نیاز خود را از این منابع تأمین می‌نمایند (فورد و ویلیامز، ٢٠٠٧، ص. ٥-٧). در ایران این سازندها حدود١١ درصد کشور را فراگرفته است (رئیسی[1]، ٢٠٠٢، ص. ٣٤٠). اگرچه مطالعات کارست در بخش‌های مختلف کشور به‌ویژه در حوضهٔ زاگرس و بخش‌هایی از البرز مورد توجه محققان زیادی قرار گرفته است، در ارتباط با حوضهٔ درپرچین تحقیقات اندکی صورت گرفته است. با وجود این، در سال ١٣٨٦ موسوی‌حرمی و همکارانش از دیدگاه رسوب‌شناسی این منطقه را مورد مطالعه قرار داده‌اند (موسوی‌حرمی، رستمی‌زاده و محبوبی، ١٣٨٦، ص. ٨٢). با توجه به ورود آب چشمه‌های کارستی این حوضه به سد بیدواز به‌عنوان بزرگ‌ترین منبع آب در شهرستان اسفراین، عبور راه‌های عشایری و وجود مرتفع‌ترین قلهٔ خراسان شمالی یعنی شاهجان لازم بود تا اشکال کارستی آن شناسایی و طبقه‌بندی شود تا از نتایج آن در فعالیت‌های عمرانی استفاده شود.

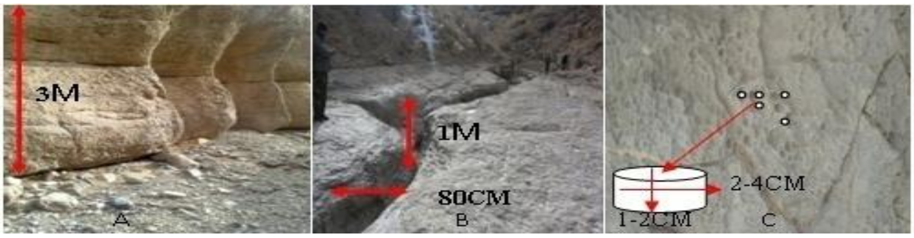
٥. یافته‌های تحقیق

٥. ١. شناسایی اشکال کارستی منطقهٔ مورد مطالعه

لازمه طبقه‌بندی اشکال کارستی، شناسایی آن‌ها می‌باشد که با استفاده از روش‌ها و تکنیک‌های میدانی، عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های زمین‌شناسی انجام می‌شود. جدول ١ مهم‌ترین اشکال کارستی شناسایی‌شدهٔ حوضهٔ درپرچین را مشخص می‌نماید. همانطور که در جدول مشخص است در بین اشکال کارستی منطقه کارن ها

1. Raeisi

فراوان‌ترین و متنوع‌ترین آن‌ها بوده و در بین آن‌ها کارن‌های بارانی یا راین‌پیت‌ها[1] گسترش بیشتری را نشان می‌دهند (شکل ۳ (C)).



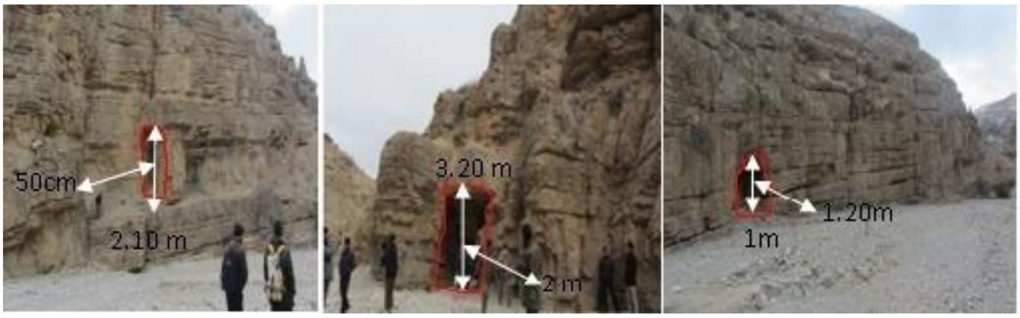
شکل ۳. سه نمونه از فراوان‌ترین کارن‌های موجود در حوضهٔ در پرچین

در بین کارن‌ها، کارن‌های کاسه‌ای گسترش کمتری را نشان می‌دهند، کارن‌های شیاری که به شکل کانال طولی در کف دره‌های اصلی شکل گرفته‌اند تکامل‌یافته‌تر به‌نظر می‌رسند(شکل ۳ (B)). در بین کارن‌های این حوضه گرایک‌ها[2] ساختاری ساده و معمولی‌تری نشان دارند (شکل ۳ (A). دولین‌ها نیز در منطقهٔ مطالعاتی از تنوع و گسترش قابل توجهی برخوردار بوده و شامل دولین‌های مدفون، فروریخته، انحلالی و فرونشستی می‌باشند که در بین آن‌ها دولین‌های انحلالی فراوان‌تر هستند. از نظر وسعت دره‌های کارستی بیشترین مساحت اشکال کارستی این حوضه را به خود اختصاص می‌دهند که شامل درهٔ خشک، درهٔ کور، تنگ ژرف، گلوگاه یا تنگ، دره‌های سینکی و دالان می‌شوند (شکل ٤). تعداد غارهای این حوضه کم، طول آن‌ها کوتاه، عمقشان ناچیز و دهانهٔ آن‌ها تنگ می‌باشد.



شکل ٤. سه نمونه از دره‌های خشک حوضهٔ درپرچین

1. Rain pits
2. Grike



شکل ۵. سه نمونه از غارهای حوضۀ درپرچین

همانطور که بیان شد بیشتر مساحت کارست‌های منطقه مربوط به کارن‌ها، دولین‌ها و دره‌های کارستی می‌باشد. علاوه بر موارد یادشده، اشکال دیگری نظیر اووالاها مشاهده می‌شود که عمدتاً به‌صورت شیارهای کم‌عمق در کف دره اصلی شکل گرفته و دولین‌های سینکی را به یکدیگر متصل می‌نمایند و چاه‌های مکنده و پونورها به تعداد محدود مشاهده می‌شوند و چشمه‌های کارستی که به سه صورت چشمه‌های آزاد، محصور و سدی در قسمت‌های مختلف این حوضه جاری می‌باشند (جدول ۱).

جدول ۱. مهم‌ترین پدیده‌های کارستی منطقۀ مورد مطالعه

ردیف	پدیدۀ کارستی	مساحت (مترمربع)	نسبت مساحت اشکال کارستی به کل حوضه	نسبت اشکال کارستی به کل کارست‌ها
۱	کارن (لاپیه)	۷۰۰۰	۹/۷۲	۳۳/٦٤
۲	فروچاله (دولین‌ها)،	۳۰۰۰	٤/۱۷	۱٤/٤۱
۳	اووالا	۱۵۰	۰/۲۱	۰/۷۲
٤	پنجره‌های کارستی	۱۸۵	۰/۲۵٦	۰/۸۸
۵	تاق‌های طبیعی	۱۰۰	۰/۱۳۸	۰/٤۸
٦	چاه‌ها کارستی	۱۰	۰/۰۱٤	۰/۰٤۸
۷	پونورها	٦۰	۰/۰۸۳	۰/۲۸
۸	غارها	۷۰۰	۰/۹۷	۳/۳٦
۹	دره‌های کارستی	۹۵۰۰	۱۳/۱۹	٤۵/٦٦
۱۰	چشمه‌های کارستی	۱۰۰	۰/۱۳۸	۰/٤۸
۱۱	جمع	۲۰۸۰۵	۲۸/۸۸	۱۰۰

۵. ۲. طبقه‌بندی اشکال کارستی حوضهٔ درپرچین

به‌دلیل تنوع و گستردگی اشکال کارستی، روش‌های مطالعاتی و تقسیم‌بندی آن‌ها نیز متنوع است. بر این اساس سعی شد در شناسایی و طبقه‌بندی اشکال کارستی حوضهٔ درپرچین از روش‌هایی استفاده شود که با ژئومورفولوژی آن همخوانی داشته باشد. بدین جهت، شناسایی و طبقه‌بندی اشکال کارستی منطقه براساس رده‌بندی‌های سویچ (۱۹۲۵)، والتهام و فوکس (۲۰۰۳) و کماتنیا (۱۹۷۳) انجام شد.

۵. ۲. ۱. طبقه‌بندی اشکال کارستی حوضه درپرچین براساس روش سویچ

جدول ۲ معیارهای این طبقه‌بندی را مشخص می‌کند.

جدول ۲. تقسیم‌بندی اشکال کارستی براساس تقسیم‌بندی سویچ (۱۹۲۵، ص. ۱۸۰)

نوع کارست	نوع سنگ	چهرهٔ سطح زمین	اشکال کارستی	توسعهٔ کارست
کارست کامل (Holokarst)	سنگ‌های آهک با انحلال بالا	کاملاً سنگی و بدون پوشش گیاهی	پدیده‌های سطحی و عمقی کارست	بسیار بالا
کارست ناقص (Merokarst)	سنگ‌های غیر آهکی-آهک با خلوص کم	پوشش گیاهی- خاک‌های غیر آهکی	اشکال کارستی ناقص، فقدان ماکرو کارست	خیلی کم
کارست انتقالی (Transitional karst)	ترکیبی از لایه‌های آهک بین لایه‌های نازکی از سازند های غیر آهکی	ترکیبی از آهک و سایر سازندها پوشش گیاهی پراکنده	کارست زیرزمینی، میکرو کارست دولین های ناقص، فقدان پولیه ها	گسترش اشکال زیرزمینی، شکل‌گیری کند کارن‌ها و عدم گسترش پولیه

براساس این تقسیم‌بندی، کارست‌های حوضهٔ درپرچین در ردیف کارست‌های انتقالی قرار می‌گیرد؛ زیرا در این حوضه ابعاد غارها کوچک بوده و گسترش چندانی ندارند. غارها کمتر از ۳/۵درصد از مساحت کارست‌های این حوضه را به خود اختصاص می‌دهند (جدول ۱). پولیه‌ها نیز که به‌عنوان نماد مناطق کارستی محسوب می‌شوند در این حوضه شکل نگرفته و به‌دلیل شیب زیاد و توپوگرافی نامناسب احتمال شکل‌گیری آن‌ها درآینده نیز فراهم نیست. هرچند دولین‌ها با ۱۴درصد مساحت کارست‌ها ی این حوضه، مساحت قابل توجهی از کارست‌های آن را به خود اختصاص می‌دهند (جدول ۱)، هیچکدام تکامل‌یافته نیستند و اغلب

در ردیف کارست‌های ناقص قرار می‌گیرند. سایر اشکال کارستی نیز به تکامل نرسیده‌اند. تنها اشکال کارستی که در این حوضه به تکامل رسیده و امکان گسترش آن‌ها در آینده وجـود دارد کارن‌ها می‌باشند. علاوه بر موارد یاد شـده شـرایط آب‌وهـوایی منطقـه نیـز در شـکل‌گیـری و گسترش اشکال کارستی منطقه محدودیت ایجـاد کـرده اسـت. مناسـب‌تـرین آب‌وهـوا بـرای شکل‌گیری و گسترش اشکال کارستی آب‌وهوای مرطوب است (احمدی، ۱۳۸۲، ص. ۹۲). بـا توجه به اینکه میزان بارش در این حوضه نیاز رطوبتی آن را برای شکل‌گیری و تکامل اشـکال کارستی فراهم نمی‌آورد. از سوی دیگر، کمبود بارش سبب پراکندگی پوشش گیاهی نیـز شـده است. بنابراین از نظر طبقه‌بندی سویچ کارست‌های حوضهٔ درپرچین در ردیـف کارسـت‌هـای انتقالی قرار می‌گیرند (جدول ۲).

۵. ۲. ۲. تقسیم‌بندی اشکال کارستی براساس طبقه‌بندی والتام و فوکس

معیارها و شاخص‌های این طبقه‌بندی در جدول ۳ مشاهده می‌گردد.

جدول ۳. طبقه‌بندی اشکال کارستی بر اساس طبقه‌بندی والتهام و فوکس

کارست	مناطق مستعد	دولین ها	پوشش سنگ	شکاف‌ها	غارها
نوجوان	نواحی بیابانی، و کربنات ناخالص	به ندرت، امکان شکل‌گیری و گسترش کمتر از ۰/۰۰۱ کیلومتر در سال	تقریباً یکنواخت با شکاف‌های ریز	حداقل	کمتر شکل می‌گیرند و کوچک می‌باشند
جوان	در برخی از مناطق معتدل	دولین‌ها کوچک و کم، رودخانه‌های باز	شکاف‌های بسیارکوچک	گسترش کم	غارها با طول کمتر از ۳ متر
بالغ	در مناطق معتدل و بعضاً در نواحی حارهٔ مرطوب	دولین‌های انحلالی، ریزشی و مدفون کم، گسترش دولین‌ها ۰/۰۵تا۱ متر مربع درسال	شکاف‌ها عریض، برجستگی‌ها کمتر از ۵ متر،	بازشدگی شدید شکاف‌ها به‌صورت ثانویه	غارهایی با ابعاد کمتر از ۵ متر در ترازهای مختلف
پیچیده	در مناطق معتدل و حاره‌ای	دولین‌های مدفون، امکان گسترش بین ۰/۵تا ۲ کیلومتر مربع در سال	وجود پیناکل، برجستگی‌های بین ۵تا۲۰ متر،	بازشدگی‌های انحلالی شدید	غارهایی با ابعاد بزرگ‌تر از ۵ متر
حداکثر	در محیط حاره‌ای مرطوب شکل می‌گیرند	دولین‌ها بزرگ، گسترش بیشتر از ۱ کیلومتر مربع در سال	پیناکل، برجستگی‌ها از ۲۰ متر بیشتر	شکاف‌های فراوان	طول مسیر غارها بیشتر از ۱۵ متر

مأخذ: والتام و فوکس، ۲۰۰۳

همانطور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود یکی از شاخص‌های این طبقه‌بندی نوع آب و هوا می‌باشد بر اساس طبقه‌بندی کوپن آب و هوای این حوضه در ردیف آب و هوای معتدل کوهستانی قرار می‌گیرد. این نوع آب و هوا یک فصل خشک و یک فصل سرد دارد که این دو فصل محدودیت‌های زیادی برای شکل‌گیری و گسترش اشکال کارستی این حوضه ایجاد نموده است. فصل خشک با کاهش میزان رطوبت نقش مهمی در کاهش فرآیندهای مختلف کارستی ایجاد می‌نماید. فصل سرد سال نیز با کاهش پوشش گیاهی، کاهش جریان آب‌های سطحی در اثر انجماد، بارش برف و پوشش برفی منطقه سبب کاهش انحلال وکاهش کارست‌زایی در این حوضه می‌شود که این شرایط کارست‌های این حوضه را در ردیف کارست‌های جوان قرار می‌دهد. همچنین شکل‌گیری دولین‌های ناقص، گسترش اندک غارها (شکل ۵) و عدم وجود پولیه‌ها از نشانه‌های جوان بودن کارست‌های این حوضه می‌باشد. علاوه بر این با توجه به اینکه انحلال سنگ‌ها معمولاً در امتداد درزها، گسل‌ها یا سطوح لایه‌بندی با سهولت بیشتری انجام می‌گیرد (صداقت و معماریان، ۱۳٦۹، ص. ۳٦۹) عدم وجود درز و شکستگی گسترده در تودهٔ سنگ‌های آهکی حوضه (شکل ٦) فرآیند انحلال در این سنگ‌ها را محدود کرده است و اشکال کارستی گسترش زیادی ندارند. این وضعیت نشان می‌دهد که کارستی شدن در این منطقه در مرحلهٔ جوانی قرار داشته و هنوز به تکامل نرسیده است؛ بنابراین براساس شواهد و طبق طبقه‌بندی مطرح‌شده کارست‌های حوضهٔ درپرچین در ردیف کارست‌های جوان قرار می‌گیرند (جدول ۳).



شکل ٦. A شکاف موجود در سنگ، B سطوح لایه‌بندی شده

۵. ۲. ۳. طبقه‌بندی اشکال کارستی براساس روش کماتینا

در این طبقه‌بندی کارست‌ها به دو دسته ذیل تقسیم می‌شوند

۵. ۲. ۳. ۱. کارست‌های مسطح یا سکویی

در این نوع کارست، لایه‌ها کم‌شیب یا افقی می‌باشند و به‌دلیل شرایط آب‌وهوایی کارست‌ها گسترش کمتری دارند.



شکل ۷. A کارست مسطح یا طبقاتی، B کارست ناودیسی

۵. ۲. ۳. ۲. کارست‌های ناودیسی

این نوع کارست در مناطقی که چین‌خوردگی از شدت بالایی برخوردار باشند شکل می‌گیرند و اگر شرایط آب و هوایی و زمین‌شناسی مساعد باشد توسعه می‌یابند (قبادی، ۱۳۸٦، ص.۱۰). در حوضۀ مورد مطالعه هم کارست مسطح و هم ناودیسی مشاهده می‌شوند، امّا محدودیت‌های اقلیمی سبب شده تا این اشکال به‌صورت ناقص تشکیل شوند. از یک سو لایه‌های آهکی در برخی از قسمت‌های این حوضه به حالت افقی گسترش یافته و کارست‌های مسطح را شکل داده‌اند که گسترش آن‌ها در سه کیلومتری ابتدای درۀ اصلی نمود بیشتری دارد (شکل ۷ (A)). همچنین در ارتفاع ۲۰۰۰تا۲٤۰۰متری هرجا شرایط فراهم شده کارست‌های مسطح گسترش یافته‌اند. از سوی دیگر به‌دلیل فعال بودن منطقه از نظر تکتونیک و وجود سازندهای آهکی امکان گسترش کارست‌ها ی ناودیسی فراهم شده است، امّا به‌دلیل شرایط آب و هوایی، فرآیند انحلال کند شده و کارست‌های ناودیسی فقط در ابتدای برخی از دره‌های فرعی این حوضه که دارای آب بیشتری می‌باشند شکل گرفته‌اند (شکل ۷ (B)). گسترش کارست‌های ناودیسی از ارتفاع ۲۵۰۰ متر به بالا به‌دلیل افزایش شیب حوضه نمود بیشتری دارد. این در حالی است که در ضلع شمالی حوضه به‌دلیل وجود گسل سرخ قلعه سازندهای انحلال‌پذیر در زیرسازندهای انحلال‌ناپذیر مدفون شده‌اند که در برخی از قسمت‌ها در اثر فرسایش در سطح زمین ظاهر شده کارست‌ها مسطح را به‌وجود آورده است. در حالی

که در ضلع شرقی آن به‌دلیل گسل‌خوردگی و چین‌خوردگی‌های شدید شرایط بهتری برای شکل‌گیری کارست‌های ناودیسی فراهم شده است.

۵. ۲. ٤. طبقه‌بندی کارست‌ها براساس روش هراک

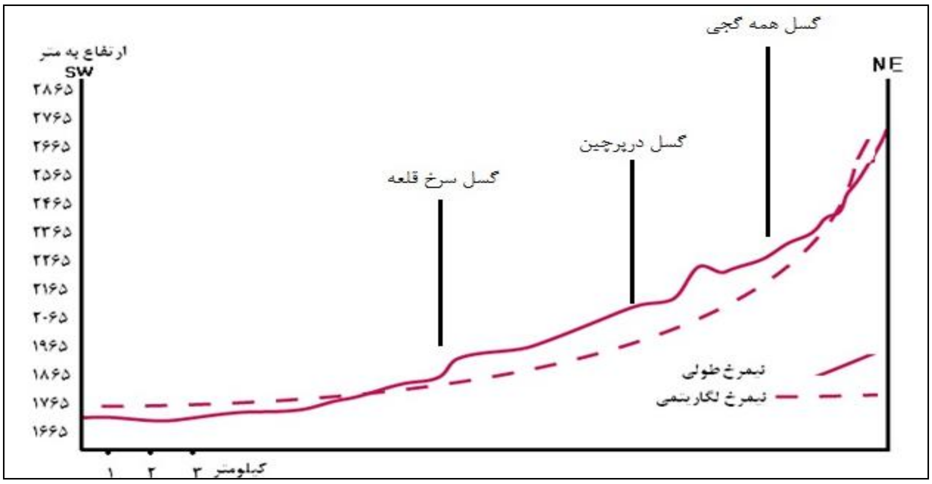
براساس این طبقه‌بندی کارست‌ها به دو گروه کارست‌های قبل از کوهزایی (شامل کارست‌های ستونی، چین‌خورده، حوضه‌ای و عمیق) و کارست‌های کوهزایی (شامل کارست‌های عدسی‌شکل، خردشده و تجمعی) تقسیم می‌شوند. براساس شواهدی چون بالابودن نیمرخ لگاریتی نسبت به نیمرخ طولی در بیشتر قسمت‌های این حوضه (شکل ۸)، میانگین شاخص شاخص vf (جدول ۵) وجود انواع گسل‌ها و وقوع زمین‌لرزه‌های مکرر می‌توان حوضه درپرچین را در ردیف حوضه‌های فعال تکتونیکی قرار داد. در حقیقت فعالیت‌های تکتونیکی این حوضه مخصوصاً سه گسل همه‌گچی، درپرچین و سرخ‌قلعه با خرد نمودن سنگ‌های آهکی این حوضه اشکال کارستی کوهزایی را به‌وجود آورده است. همچنین عدم وجود پولیه، توسعهٔ ناقص اشکال کارستی، سازنده‌ای آهکی و نوع آب‌وهوا در این منطقه سبب شده است که کارست‌های درپرچین از نوع کوهزایی جوان باشند.

جدول ۵. میانگین شاخص vf برای حوضهٔ آبریز درپرچین

نام نقطه	**VFW** پهنای‌کف دره (متر)	**ESD** ارتفاع کف دره از دریای آزاد	**ELD** ارتفاع خط تقسیم در سمت چپ از سطح دریا (متر)	**ERD** ارتفاع خط تقسیم در سمت راست از سطح دریا (متر)	**VF** نسبت پهنای‌دره به ارتفاع آن (متر)	وضعیّت
۱	۳۵۰	۱۷۸۵	۱۹۸۰	۲۰۵۵	۱/۵	متوسّط
۲	۱۵۰	۱۸۰۰	۲۰٤۰	۲۰۹۰	۰/۵٦٦	فعال
۳	۲۵۰	۱۸۳۰	۲۱۳۰	۲۱۱٤	۰/۸۵٦	فعال
٤	۳۰۰	۱۸۵۰	۲۲٤۰	۲۱۱٦	۰/۹۱٤	فعال
۵	۱۰۰	۱۸٦۰	۲۳٤۵	۲۰۷٤	۰/۹۳٤	فعال
٦	۱۷۵	۱۸۸۵	۲۳٤۵	۲۱۱٤	۰/۵۰۷	فعال
۷	۲۲۵	۱۹۰۵	۲۳۹۹	۲۱٦۰	۰/٦۰۰	فعال
۸	۱۳۰	۱۹۵۰	۲۳۹۹	۲۲۲۰	۰/۳٦۱	فعال
۹	۱۵۰	۱۹۸۰	۲٤۰۰	۲۲۵۰	۰/٤۳٤	فعال
۱۰	۱۰۰	۲۰۰۵	۲۵۵۰	۲۳۰۰	۰/۲۳۸	فعال
۱۱	۱۰۰	۲۰۹۰	۲۵۹۹	۲٤٤۵	۰/۲۳۱	فعال

ادامه جدول ۵

۱۲	۲۰۰	۲۱٦۰	۲٦٤٤	۲٤٤۲	۰/۵۲۲	فعال
میانگین					۰/٦۳۸	فعال
vf<1= $Vf = \frac{2Vfw}{(Eld - Esd) + (Erd - Esd)}$ فعال=1<vf>2> ۱ آرام =vf<2متوسط						



شکل ۸. مقایسهٔ نیمرخ طولی و لگاریتمی حوضهٔ درپرچین

٦. نتیجه‌گیری

حوضهٔ آبریز درپرچین یکی از حوضه‌های آبریز شمال شرق ایران می‌باشد که از نظر زمین‌شناسی بیشتر سازنده‌ای آن از آهک شکل گرفته است و از نظر شرایط آب‌وهوایی، آب‌وهوای آن معتدل کوهستانی است. به‌دلیل وجود سازنده‌ای آهکی کارست‌های متنوعی در این حوضه شکل گرفته است. در بین اشکال کارستی این حوضه کارن‌ها شرایط بیشتری برای شکل‌گیری داشته و از تنوع بیشتری برخوردارند که در بین آن‌ها کارن‌های بارانی یا راین‌پیت از تنوع بیشتری برخوردار می‌باشند. پولیه‌ها در این حوضه به معنای واقعی شکل نگرفته‌اند. دلیل آن شیب زیاد حوضه و شرایط آب‌وهوایی نامناسب می‌باشد. به‌دلیل اینکه بیشتر مساحت این حوضه از سازنده‌ای آهکی شکل گرفته است در قسمت‌هایی که این سازندها در تماس مداوم با آب قرار داشته‌اند اشکال کارستی علاوه بر شکل‌گیری به تکامل خود نیز رسیده‌اند. به

همین دلیل فراوان‌ترین و تکامل‌یافته‌ترین اشکال کارستی این حوضه در اطراف درهٔ اصلی آن مشاهده می‌شوند. پس از شناسایی اشکال کارستی این‌حوضه، اشکال شناسایی‌شده براساس روشه‌ای مرتبط با ژئومورفولوژی طبقه‌بندی شد که براساس طبقه‌بندی سویج کارست‌های این حوضه در ردیف کارست‌های انتقالی، براساس طبقه‌بندی والتهام در ردیف کارست‌های جوان، براساس طبقه‌بندی کماتینا در ردیف کارست‌های مسطح و ناودیسی و براساس طبقه‌بندی هراک در ردیف کارست‌های کوهزایی خردشده قرار گرفتند. این طبقه‌بندی مشخص نمود که اشکال کارستی این حوضه اغلب جوان و تکامل نیافته هستند و مهم‌ترین عامل تسریع‌کنندهٔ گسترش آن‌ها شرایط زمین‌شناسی و مهمترین‌عامل محدودکننده آن‌ها شرایط آب‌وهوایی می‌باشد.

کتابنامه

۱. احمدی، ح. (۱۳۸۲). *ژئومورفولوژی کاربردی*. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

۲. بهنیافر، ا.، قنبرزاده، ه.، و فرزانه، ع. (۱۳۸۸). ویژگی‌های ژئومورفولوژیک تودهٔ کارستی اخلمد در دامنه‌های شمالی ارتفاعات بینالود. *نشریهٔ جغرافیا و توسعه*، *۷*(۱٤) ، ۱۲۱–۱٤۰.

۳. جعفریان، م. (۱۳۸۸). نقشهٔ زمین‌شناسی شیروان، مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

٤. رضایی‌مقدم، م. ح.، و قدری، م. ر. (۱۳۸٤). کارن‌ها، متنوع‌ترین پدیده‌های کارست در منطقهٔ تخت سلیمان. *نشریهٔ تحقیقات جغرافیایی*، (۷٦)، ۱۲۳–۱۳۸.

۵. سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح. نقشهٔ توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ درپرچین، اسفراین، اسطخری، دهنهٔ اجاق، شیروان و روئین (برگ‌های ۷٤٦٤، ۷۵٦٤، ۷۲٦٤، ۷۳٦٤، ۷۵٦۳، ۷٦٦۲، ۷٦٦٤).

٦. سازمان هواشناسی کشور (۱۳۵٤–۱۳۹۰). آمار ایستگاه سینوپتیک بجنورد.

۷. صداقت، م.، و معماریان، ح. (۱۳٦۹). *زمین‌شناسی فیزیکی*. تهران: انتشارات دانشگاه پیام نور.

۸. قبادی، م. ح. (۱۳۸٦). *زمین‌شناسی مهندسی کارست*. همدان: دانشگاه بوعلی سینا.

۹. قربانی، م.، محمودی، ف.، یمانی، م.، و مقیمی، ا. (۱۳۸۹). نقش تغییرات اقلیمی کواترنر در تحول ژئومورفولوژیکی فروچاله‌های کارستی ناهمواری شاهو، غرب ایران. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، *٤۲*(۷٤)، ۱–۱٦.

۱۰. ملکی، ا.، شوهانی، د.، و علایی‌طالقانی، م. (۱۳۸۸). پهنه‌بندی تحول کارست در استان کرمانشاه، برنامه‌ریزی و آمایش فضا. *مدرس علوم انسانی، ۱۳*(۶۰)، ۲۵۹–۲۷۱.

۱۱. موسوی‌حرمی، ر.، رستمی‌زاده، ق.، و محبوبی، ا. (۱۳۸۶). شناسایی فرآیندهای مؤثر در پیوستگی رسوبی و تغییرات بافتی در رسوبات رودخانه‌ای حوضهٔ بیدواز شرق اسفراین. *مجلهٔ علوم دانشگاه تهران، ۳۳*(۳)، ۷۵–۸۵.

۱۲. ولایتی، س.، و خانعلی‌زاده، ف. (۱۳۹۰). بررسی رابطهٔ ساختارهای تکتونیکی و اشکال کارستی (حوضهٔ آبریز کارده). *نشریهٔ انجمن جغرافیایی ایران، ۹*(۳۱)، ۱۷۱–۱۸۹.

13. Baomin, Z., & Jingjiang, L. (2009). Classification and characteristics of karst reservoirs in China and related theories. *Petroleum Exploration and Development, 36*(1), 12-29.
14. Cvijic, J. (1925). Type’s morphologiques des terrains calcaires. *Comptes Rendus, Académie des Sciences (Paris), 180*, 592–594.
15. Ford, D., & Williams, P. D. (2007). *Karst hydrogeology and geomorphology*. West Sussex, England: John Wiley & Sons.
16. Herak, M. (1977). Tecto-genetic approach to the classification of karst terrains. *Carsus Iugoslaviae, 9*(4), 227-238.
17. Hung Chak, H. (2012). *Island karst classification: Spatial modeling-oriented approach with multispectral satellite imageries* (Unpublished master's thesis). Mississippi State University, Oktibbeha, MS.
18. Komatina, M. (1975). Development conditions and regionalization of karst. In A. Burger & L. Dubertret (Eds.), *Hydrogeology of karstic terrains: Case histories* (pp. 21-29). Paris, France: IAH.
19. Luhmann, A., Covington, M., Peters, A., Alexander, S., Anger, C., Green, J., … & Alexander, E. J. (2011). Classification of thermal patterns at karst springs and cave streams. *Ground Water, 49*(3), 324-335.
20. Milanovic, P. J. (1981). *Karst hydrogeology*. Colorado, CO: Water Resources Publications.
21. Mustafa, O., & Merkel, B. (2015). Classification of karst springs based on discharge and water chemistry in Makook karst system, Kurdistan region, Iraq. *FOG - Freiberg Online Geoscience, 39*, 1-24.
22. Raeisi, E. (2002). Carbonate karst caves in Iran. In A. Kranjc (Ed.), *Evolution of karst: From prekarst to cessation* (pp.339-344). Ljubljana, Slovenia: Postojna.
23. Waltham, A. C., & Fookes, P. G. (2005). Engineering classification of karst ground conditions. *Speleogenesis and Evolution of Karst Aquifers, 3*(1), 1-19.